

相関拘束条件に基づく高速画像検索

北海道大学大学院工学研究科 ○前 孝宏 金子 俊一 五十嵐 悟
日立製作所 生産技術研究所 宮本 敦

要旨

登録画像群の相関構造を予め解析し、未知の対象画像の検索を厳密かつ高速に行う検索法を提案する。任意に選択した解候補であるピボット画像と対象画像との相関係数値と、事前計算されたピボット画像と登録画像との相関係数値とを用いて、対象画像と任意の登録画像との相関係数値の拘束不等式条件を導出した。これを用いた判定条件を利用する高速検索アルゴリズムを設計し、実画像を用いた検索実験を行い、提案手法の有効性を確認した。

1 序論

商標登録画像などを管理するための大規模画像データベース (DB) を利用するために必要な技術の中で、類似画像の内容検索は最も重要な技術の一つである。正規化相関、増分符号相関、ヒストグラム交差、モメントなどの既に提案されている手法を商標登録画像の探索に用いるためには、求めた解画像 (或いは解画像群) 以外に解となる可能性はないことを何らかの定量的な条件によって保証することが可能でなければならない (大域的最適性の保証)。本研究では、高速に DB 内全画像にわたって最適解画像を探索するための枠組みについて提案し、その実応用の可能性について検討する。特に本研究では、2 値画像の一致率 (相関係数) を照合評価量として用いる。[1][2]

2 商標登録画像 DB

特許庁の作成している商標登録画像 DB から、カタカナ文字を 45 種類、1200 字独自に収録し作成した [3]。図 1 にその一部を示す。登録時には適当な縮小拡大を経て全文字画像は大きさ一定 (50 × 50) の 2 値画像とした。

モイテセユアリロコエタニ

図 1: 登録画像の例

商標画像 DB における内容検索には、先に述べた高信頼性は重要な特性となる。また利用者は形が非常によく類似している画像を検索する他に、誤認識され易い字体やボタンを避けるために、検索機能を用いる機会が多い。加えて、通常検索される複数の画像を検討することにより、類似性を軸にして対象画像について調べ知見を得ることが望まれる。

3 相関関係に基づく拘束不等式条件

3.1 相関評価量

ここでは本論文で用いる量を定義する。任意の 2 枚の 2 値画像 $x = \{x_{ij}\}$, $y = \{y_{ij}\}$ ($x_{ij}, y_{ij} \in \{0, 1\}$) の相関係数を次式で定義する。

$$r(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{(k,h)} \{x_{kh}y_{kh} + (1 - x_{kh})(1 - y_{kh})\} \quad (1)$$

$$0 \leq r(x, y) \leq 1 \quad (2)$$

ここで、M は画像サイズを示す定数である。本論文では便宜上 3 種類の画像: 対象画像 x , 登録画像 X_i ($1 \leq i \leq N$), 及びピボット画像 Z , を区別する。ピボット画像とは登録画像群から任意に選択した画像であり、後に詳述する拘束不等式を導くときに基本となる。ここでは、すべての登録画像の 2 枚組に関して、相関係数値 $r(X_i, X_j)$ は事前に計算されているとする。

本論文で提案する高速検索法では次の操作を基本とする。すなわち、対象画像と任意のピボット画像との相関係数 $r(x, Z)$ を計算する。ピボット画像は登録画像のうちの 1 枚であるので、ピボット画像とすべての登録画像との相関係数値は既に分かっている。この知識を用いて、対象画像と任意の登録画像との相関係数値 $r(x, X_i)$ に関する情報を拘束不等式という形で定量的に導出する。この不等式の上限值及び下限値を用いたそれぞれ別個の判定条件によって相関計算をスキップする。

3.2 限界値の導出

まず、不等式の上限值について考える。図 2 は限界値が成立するときの模式図である。3 つの画像どうしの間で一致部分が最も重なる場合に、上限値が成立する。図 2(a) は上限値が成立する時の例である。このとき x と X

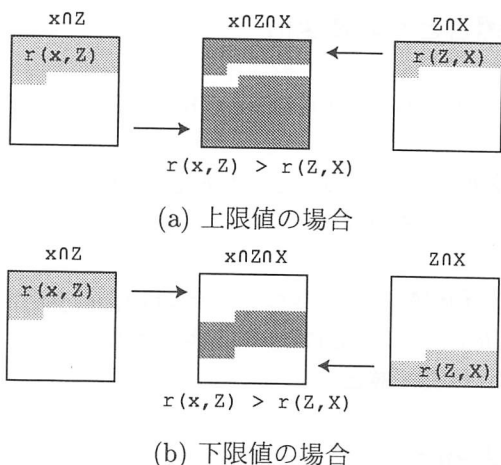


図 2: 上限・下限値の模式図

の相関値が上限値となり、次式で表すことができる

$$R^+ = 1 - |r(x, Z) - r(Z, X)| \quad (3)$$

下限値についても同様に考えることができる。すなわち、上限と異なり下限は、3つの画像が画素どうしがなるべく一致しない場合に成立する。この場合の x と X の相関値は次式で表され、下限値となる。

$$R^- = |1 - (r(x, Z) + r(Z, X))| \quad (4)$$

これらの限界値を用いて未知の相関係数値 $r(x, X)$ は次の拘束不等式条件を満たす。

$$R^- \leq r(x, X) \leq R^+ \quad (5)$$

3.3 判定条件

前節において導出した相関係数の推定値を拘束する不等式条件から、登録画像において照合評価（相関計算）を行うべき画像を選択するための判定条件が導かれる。

3.3.1 上限値による判定条件

$R_j^+ < r(x, Z)$ を満たすとき $r(x, X_j)$ の真値は $r(x, Z)$ すなわち現時点での解候補との相関値よりも小さい。そのため X_j との相関計算を行う必要がなくなる。

3.3.2 下限値による判定条件

任意の j と k に関して $R_j^+ < R_k^-$ となるときには、 $r(x, X_j) < r(x, X_k)$ が成立する。そのため X_j との相関計算を行う必要がなくなる。

4 実験結果

上記の判定条件を用いた高速検索アルゴリズムを設計し、全検索との比較実験を行った。解答する画像は5枚とし、55例実験を行った。図4はその結果である。類似した画像がDB内に存在すれば高速な検索が行われている。

x	1位	2位	3位	4位	5位
$r(x, \cdot)$.95	.95	.94	.93	.93

図 3: 対象画像と解画像群の例

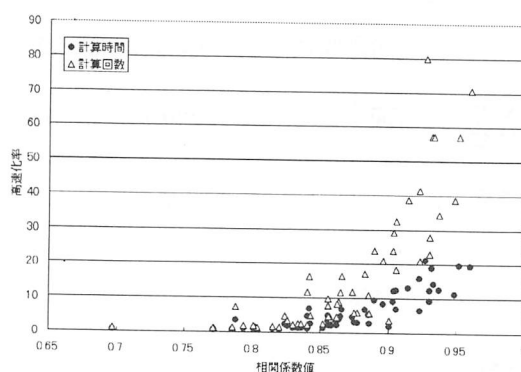


図 4: 実験結果

5 結論

画像DBに対する検索漏れのない高速検索の手法を確立した。1200枚の登録画像群に対し、平均6倍、最大23倍の高速化率を得た。

参考文献

- [1] 前 孝宏, 宮本 敦, 金子俊一, 五十嵐 悟: 相関構造に基づく画像検索の高速化, 精密工学会春季論文集, L37, p.430, 2001.
- [2] 前 孝宏, 宮本 敦, 金子俊一, 五十嵐 悟: 相関構造に基づく画像検索の高速化, 第7回画像センシングシンポジウム講演論文集, pp.83-89, 2001
- [3] <http://www.ipdl.jpo.go.jp/homepg.ipdl>.